



УДК 621.438

**РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
ВЫХОДНОГО ДИФфуЗОРА НА ХАРАКТЕР
ТЕЧЕНИЯ В ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКЕ****DESIGN RESEARCH OF THE IMPACT OF THE
EXHAUST DIFFUSER ON THE CHARACTER OF
THE FLOW IN THE GAS TURBINE**

Богданец Сергей Владимирович, студент каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19.

Блинов Виталий Леонидович, к.т.н, старший преподаватель каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19.

Комаров Олег Вячеславович, к.т.н, доцент каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19.

Bogdanets Sergey V., Student at Department "Turbines and Engines", Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia.

Blinov Vitalii L., PhD, Associate professor at Department "Turbines and Engines", Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia.

Komarov Oleg V., Dr., Assoc. Prof, Department "Turbines and Engines", Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia.

Аннотация: В настоящей работе представлено исследование, направленное на количественную оценку влияния деформации поворотных элементов выходного затурбинного диффузора на изменение температуры потока в нем. С помощью программных комплексов вычислительной газодинамики исследовано влияние удаления секторов лопаток диффузора на его эффективность и характер течения. В результате исследований показано, что внесенные в диффузор изменения не приводят к значительному влиянию на работу установки в целом, при этом коэффициент восстановления давления в диффузоре несколько снижается, но не существенно.

Abstract: In this paper we present a study aimed at quantifying the effect of deformation of the turning elements of the exhaust turbulent diffuser on the change in the flow temperature in it. With the help of software complexes of computational gas dynamics, the effect of removing the sectors of the diffuser blades on its efficiency and flow pattern was investigated. As a result of the research it was shown that the changes introduced into the diffuser do not lead to a significant effect on the operation of the installation as a whole, while the coefficient of pressure recovery in the diffuser is somewhat reduced, but not significantly

Ключевые слова: газотурбинная установка; выходной диффузор; неравномерность течения; температурное поле; вычислительная газовая динамика.

Key words: gas-turbine plant; output diffuser; non-uniformity of flow; temperature field; computational gas dynamics.

ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

На выходе из газотурбинной установки (ГТУ) устанавливается диффузор, предназначенный для повышения коэффициента полезного действия установки. Теплоперепад на турбину зависит от отношения давления на выходе и на входе ГТУ. Давление на выходе из турбины без диффузора ограничено барометрическим, что является естественным условием для выхода рабочего тела из турбины. Выходной диффузор позволяет реализовать давление за последней ступенью

турбины ниже атмосферного, тем самым увеличить степень расширения в турбине за счет преобразования выходной скорости в статическое давление [1]. Чем большая степень расширения приходится на турбину, тем больший теплоперепад в ней срабатывается, и, соответственно, тем большую мощность вырабатывает турбина при том же объеме сгоревшего топлива.

КПД диффузора характеризует потери давления в нем, чем его величина выше, тем меньшего

значения давления за турбиной можно достичь. Таким образом, эффективность работы диффузора оказывает влияние на эффективность работы турбины. Согласно информации, изложенной в работе [2], выходной диффузор позволяет поднять КПД турбин на 1-2 % при неизменном значении выходных потерь энергии.

Выходной диффузор в общем случае представляет собой расширяющийся канал, который конструктивно может быть выполнен осевым, диагональным и радиальным относительно оси вращения [2]. В настоящей работе исследуется распространенный в газотурбинных установках стационарного типа вариант осевого диффузора (Рисунок 1). Его выходная часть выполнена "многослойной" с четырьмя дополнительными кольцами и радиальными ребрами. В канале диффузора возникают пограничные слои и вихри, которые загромождают проходную площадь, лопатки и ребра позволяют приблизить эффективную площадь патрубка к геометрической, тем самым уменьшить потери в нем.

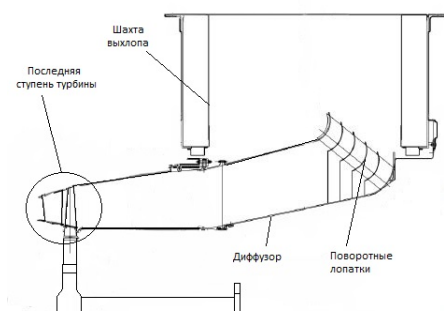


Рис. 1. Эскиз проточной части турбины с диффузором

Согласно «СТО 70238424.27.040.001-2008 Газотурбинные установки. Условия поставки. Нормы и требования» с целью повышения экономичности ГТУ в расположенном за турбиной диффузоре должно восстанавливаться не менее 80 % энергии выходной скорости. В процессе эксплуатации ГТУ нередко случаи нарушения целостности элементов затурбинного диффузора – деформация металла, коробление направляющих лопаток, появление трещин и разрывов, что связано с высокими температурами выхлопных газов ГТУ (в ряде случаев более 500 - 600 °С) и наличия неравномерности температурного поля (перекоса температур), которое может достигать сотни градусов. Из-за высокого уровня температур и необходимости в жесткости конструкции диффузор выполняют из достаточно толстых листов стали, толщина которых достигает 10 мм. Это приводит к значительной температурной инертности элементов, что вызывает температурные

напряжения, и при большом количестве циклов нагрева-охлаждения происходит разрушение от термоусталости материала. Возникает необходимость оценить влияние таких изменений в диффузоре на эффективность работы всей ГТУ, а также на возможное повышение неравномерности параметров потока, в частности температуры, на выходе из турбины. Настоящее исследование направлено на анализ влияния появившихся дефектов в диффузоре на неравномерность параметров потока на выходе из ГТУ.

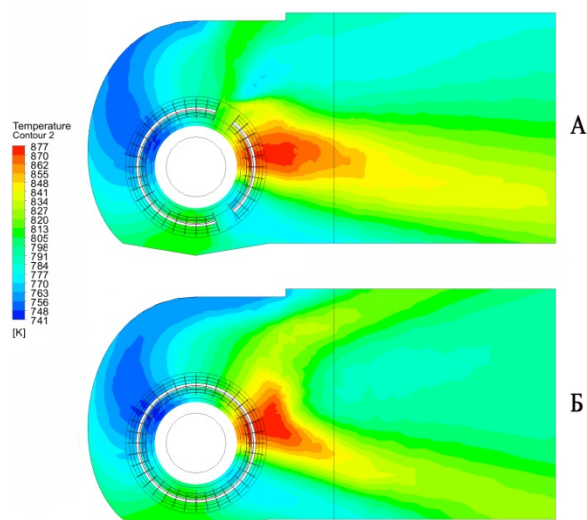
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ

В диффузоре происходит расширение потока и соответственно понижение его температуры. Величина восстановления статического давления в диффузоре в основном зависит от трех величин: скорости на входе и выходе из него C_z и $C_{диф}$, и коэффициента полезного действия $\eta_{диф}$. Эти величины могут локально меняться в проточной части диффузора в случаях загрязнения его стенок, изменения геометрии каналов, неравномерности скоростного поля за турбиной, местных завихрений и т.д. Чтобы оценить возможные колебания температуры из-за этих причин проведен вариантный расчет диффузора с заданием этих величин по методике [1]. Исследование проводилось для трех вариантов каждого параметра: $C_z = 160, 205$ и 250 м/с; $C_{диф} = 60, 80$ и 100 м/с; $\eta_{диф} = 0,4, 0,6$ и $0,8$.

При расчетах определялось статическое давление за турбиной, на основании которого рассчитывалась температура за турбиной с учетом диффузора. Расчет показал предполагаемо-закономерные результаты. При прочих равных ΔT тем больше, чем выше параметры $\eta_{диф}$, C_z , $C_{диф}$. Наибольшее значение $\Delta T_{\max} = 19,66^\circ$ в расчетах получилось при следующей комбинации параметров: $\eta_{диф} = 0,8$; $C_{диф} = 100$ м/с; $C_z = 250$ м/с. Наименьшая величина $\Delta T_{\min} = 2,46^\circ$ соответствовала параметрам: $\eta_{диф} = 0,4$; $C_{диф} = 60$ м/с; $C_z = 160$ м/с. Разница между этими величинами фактически определяет максимально возможное изменение температуры потока на выходе из турбины из-за неравномерности параметров потока в диффузоре (искусственно заданной при исследовании в виде различных комбинаций параметров, описанных ранее): $\Delta T_{\max} - \Delta T_{\min} = 19,66 - 2,46 = 17,20^\circ$. В реальной конструкции таких значительных изменений параметров (местных скоростей и локальной эффективности диффузора) не наблюдается, поэтому в действительности эта величина будет еще ниже. Таким образом, можно сделать вывод о том, что изменение температуры из-за различия основных параметров потока по окружности, связанное с повреждениями диффузора, крайне незначительное и

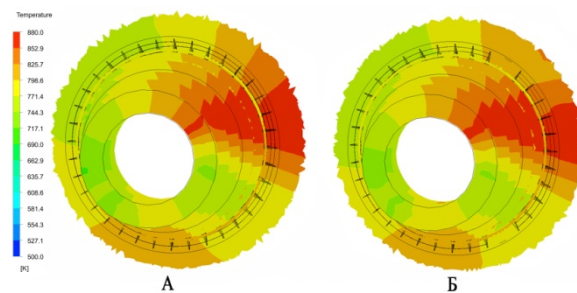
существенно сказаться на параметрах течения, не приводит к значимому повышению неравномерности температурного поля (которую приближенно можно оценить как не превышающую 5 – 10 градусов) и не оказывает влияния на работу ГТУ в целом, которое способно заметным образом сказаться на ее эффективности.

Дальнейшее направление развития исследования может быть связано с численным расчетом напряженно-деформированного состояния элементов диффузора, а также с анализом процессов термоусталости материала.



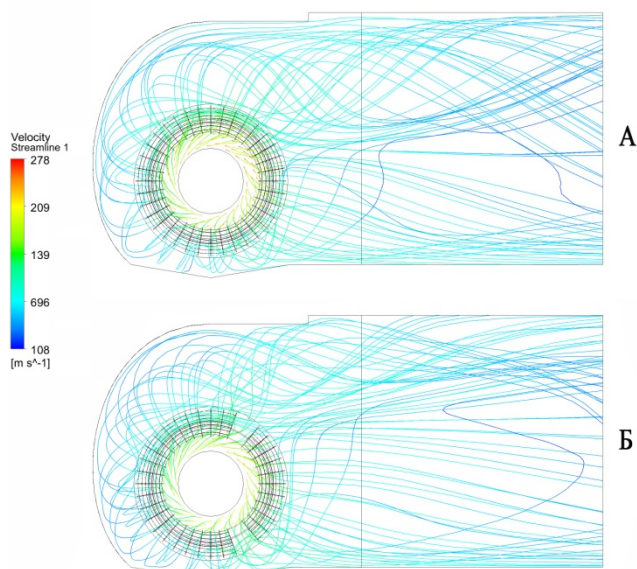
А - диффузор с целыми лопатками, Б - диффузор с вырезанными секторами лопаток

Рис. 4. Температурное поле.



А - диффузор с целыми лопатками, Б - диффузор с вырезанными секторами лопаток

Рис. 5. Распределение температур по сечениям



А - диффузор с целыми лопатками, Б - диффузор с вырезанными секторами лопаток

Рис. 6. Линии тока

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Газодинамический расчет многоступенчатой газовой турбины: Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине “Энергетические машины. Часть 3”/ А. В. Тарасов, В.М. Марковский. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004, 34с.
2. Дейч М.Е. Зарянкин А.Е. Газодинамика диффузоров и выхлопных патрубков турбомашин М.: Энергия, 1970. — 384 с. с илл.

3. Давлетшин И. С., Мингазов Б. Г., Явкин В. Б., Кесель Б. А., Воскобойников Д. В. Особенности моделирования турбулентного течения в диффузорных каналах простой и сложной конфигурации // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, №3(27), 2011, 15с.